

POLITECHNIKA OPOLSKA WYDZIAŁ MECHANICZNY Katedra Technologii Maszyn i Automatykacji Produkcji	
dr hab. Grzegorz KRÓLCZYK prof. PO profesor nadzwyczajny	ul. Mikołajczyka 5, 45-271 Opole tel. (77) 449 84 61, fax (77) 449 99 27 e mail: g.krolczyk@po.opole.pl

Opole, 06.06.2016r.

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgra inż. Macieja CADERA pt.

***„Dobór geometrii wypełnienia prototypów wytwarzanych przyrostowo
z polimeru ABS-M30”***

Podstawą opracowania recenzji jest pismo Dziekana Wydziału Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej prof. dr hab. inż. Jarosława Sępa z dnia 16 maja 2016 roku (RM-530-03-02-2016) na podstawie decyzji Rady Wydziału Budowy Maszyn i Lotnictwa z dnia 11 maja 2016 roku.

1 Charakterystyka rozprawy doktorskiej

Technologie przyrostowe są jednymi z dynamicznie rozwijających się metod wytwarzania. Początkowo stosowane były do wydruku przestrzennego prototypów oraz wizualizacji nowych produktów co ułatwiało proces wprowadzania nowych produktów na rynek. Szybkie prototypowanie obejmuje szereg technologii, gdzie konieczne jest wytworzenie fizycznego modelu, bez konieczności opracowywania przyrządów i uchwytów technologicznych, wyłącznie na podstawie modeli bryłowych opracowanych w systemach CAD 3D. W technologiach przyrostowych stosowany jest szeroki zakres materiałów, takich jak: polipropylen, akryl, guma, nylon, polistyren, ABS oraz stopy metali, takich jak stal nierdzewna, tytan, aluminium czy stal narzędziowa. Technologie przyrostowe to nie tylko prototypowanie, ale także produkcja gotowych elementów użytkowych czy części maszyn.

Jest to technologia coraz częściej wykorzystywana przy wykonywaniu funkcjonalnych i wytrzymałych produktów.

Recenzowana dysertacja, w której Autor opracował własną, autorską metodykę badawczą do analizy wytrzymałości i doboru geometrii wypełnienia wewnętrznego dla prototypów wytwarzanych przyrostowo w technologii FDM mieści się w zasadniczym nurcie współczesnych kierunków badań inżynierskich. Liczący się ośrodek rzeszowski wnosi twórczy i widoczny wkład, m. in. w rozwój nauk technicznych i technologii maszyn. Inicjatywy i prace naukowe profesorów T. Markowskiego, P. Pawlusa, J. Sępa, J. Burka i G. Budzika są z powodzeniem rozwijane przez ich uczniów i są doskonale znane w środowisku zainteresowanych specjalistów. Recenzowana rozprawa doktorska mgr inż. Macieja Cadera powstała więc na starannie przygotowanym i w wysokiej kulturze utrzymywanym gruncie wcześniejszego rozpoznania merytorycznego i metodycznego wydzielonego obszaru nauk technicznych. Doktorant mgr inż. Maciej Cadera w swojej rozprawie doktorskiej zajął się bardzo ciekawą i aktualną tematyką doboru geometrii wypełnienia prototypów wytwarzanych przyrostowo. Autor wykonał obliczenia symulacyjne dla prototypów ramienia i szczęki chwytaka robota mobilnego oraz wybrał optymalną geometrię wypełnienia wewnętrznego. Wybór materiału do wytwarzania prototypów oraz użyta do tego celu metoda są trafne i zgodne z warunkami przemysłowymi. Materiał ABS jest najbardziej rozpowszechnionym materiałem do druku 3D na świecie, a ABS-M30 charakteryzuje się lepszą wytrzymałością w porównaniu do standardowego ABSu od 25 do 70%.

Wymienione wyżej okoliczności potwierdzają trafność i sensowność wyboru tematyki badawczej. Uzasadnieniem wspomnianej trafności wyboru jest nie tylko sam fakt usytuowania pracy na szerszym tle ogólnościowych badań naukowych, ale również to, że podejmowana w rozprawie doktorskiej tematyka rokuje nadzieje epistemologiczne oraz dużą nadzieję na uzyskanie walorów użytecznych.

Strukturę rozprawy stanowi wprowadzenie, sześć numerowanych rozdziałów oraz bibliografia. Układ pracy jest prawidłowy - typowy dla prac eksperymentalnych. **Tytuł dysertacji** jest zgodny z jej treścią, choć być może dobrze byłoby zasygnalizować też wykorzystaną technologię wytwarzania FDM. Wtedy tytuł mógłby brzmieć: Dobór geometrii wypełnienia prototypów wytwarzanych przyrostowo w technologii FDM z polimeru ABS-M30. Wyeksponowana w odrębnym punkcie **teza pracy**, a raczej hipoteza, jest dobrze ugruntowana w dotychczasowym stanie wiedzy, nie ma charakteru trywialnego, ale niestety nie jest tezą naukową. **Cel pracy** sformułowany na stronie 27 podany jest w sposób jasny. **Zakres pracy** przedstawiony został w sposób wyczerpujący.

Wprowadzenie napisane jest przekonująco oraz w jasny sposób.

Analiza stanu zagadnienia z zakresu podjętej tematyki przedstawiona została w rozdziale drugim. Dobór analizowanych zagadnień jest prawidłowy i jest odzwierciedleniem dotychczasowego stanu wiedzy. Stanowi solidną podstawę do określenia obszaru badań własnych Autora. Jest to także właściwa baza wiedzy do sformułowania przez Autora tezy pracy. Układ tej części rozprawy oceniam jako logiczny, choć mam pewne uwagi szczegółowe:

- 1) Rys. 1.4 i 1.5 – za małe opisy i przez to nieczytelne,

- 2) Str. 9 – Autor napisał: „... możliwościami obróbki takimi jak: obróbka skrawaniem, szlifowanie, wiercenie...”, podział ten sformułowany jest nieprecyzyjnie i dość niefortunnie, gdyż niezgodnie z ogólnie przyjętym podziałem obróbki skrawaniem,
- 3) Str. 9 – Autor napisał: „... geometria wewnętrzna części prototypu maszyny może być ściśle dobrana”, co znaczy „ściśle dobrana”?,
- 4) Str. 10 – co znaczy „masa zbędna maszyn”?,
- 5) Str. 13 – co znaczy „technologia CNC”?,

W pracy brak jest ponadto osobnego punktu z wykazem ważniejszych oznaczeń i skrótów. Poprawiło by to przejrzystość i pozwoliło na uniknięcie drobnych błędów jak np. skrót FDM jest rozwinięty gdy w pracy pojawia się dopiero kolejny raz. Przywołania literatury przedstawione przez Autora utrudniają czytelność pracy w kilku przypadkach, zwłaszcza gdy jest ich kilkanaście na raz. Natomiast przy powoływaniu się na istotne dla tematyki prace dobrze jest wymienić nazwisko autora danej pracy np. Budzik i in. [16].

Zasadniczą część rozprawy z punktu widzenia etapów badania naukowego, stanowią rozdziały, w których Autor referuje metodykę, wyniki i analizę wyników badań własnych. Są to rozdziały 4, 5 i 6. W tej części pracy Autor zawarł ogólną charakterystykę materiału podlegającego próbom, opisał stanowisko badawcze, przedstawił wyniki badań własnych empirycznych oraz symulacyjnych dla różnych geometrii wypełnienia. Rozdział szósty stanowi porównanie wyników laboratoryjnych oraz symulacyjnych. Całość pracy ułożona jest w poprawny z metodologicznego punktu widzenia ciąg. Moje zapytania i uwagi do tej części pracy są następujące:

- 1) Str. 16 – co znaczy „z reakcji próbek pozyskano informacje”?,
- 2) Str. 19 – wiersz 8 od dołu, większość opisanych analiz należało nazwać metodą badań organoleptycznych,
- 3) Str. 20 – Autor napisał: „uzyskano optymalne koszty wytwarzania części przy zachowaniu optymalnych parametrów wytrzymałościowych”, skąd taki wniosek, na jakiej podstawie tak stwierdzono, jakie były kryteria?
- 4) Str. 22 – Tab. 1, tytuł piątej kolumny z błędem,
- 5) Rys. 4.5 – prawdopodobnie źle przedstawione rzutowanie europejskie geometrii wypełnienia,
- 6) Str. 39 – stwierdzenie nieprecyzyjne i nie poparte kwotami „daje bardzo dużą sumę kosztów”,
- 7) Błędna numeracja rysunków, trzykrotnie w pracy pojawia się rys. 4.27 oraz dwukrotnie rys. 4.28
- 8) Rysunki z programu ANSYS powinny mieć jedną skalę, np. zdjęcia wyników badań ugięcia są jednakowe pomimo różnych wartości,
- 9) Zaokrąglenie wyników badań do więcej niż dwóch miejsc po przecinku w analizowanych przypadkach zdają się nie być uzasadnione,

Ponadto w tej części pracy brakuje, moim zdaniem, wyjaśnienia bądź przedstawienia kilku istotnych szczegółów mogących wpływać na zaprezentowane wyniki:

- 10) Jak zostały wyznaczone naprężenia rozciągające w badaniach wytrzymałościowych w odniesieniu do pola przekroju badanej próbki? Czy Autor uwzględnił jedynie pole przekroju geometrycznego próbki, a w tym przypadku jest ono takie same dla każdego

z badanych elementów czy oceniano rzeczywiste pole przekroju w odniesieniu do materiału wypełnienia?

11) Czy odczytane maksymalne naprężenia z programu ANSYS są miarodajne ze względu na miejsce odczytu? Czy było to sprawdzane? Dlaczego Autor nie zastosował prostej metody przekroju próbki w płaszczyźnie o maksymalnych naprężeniach i wyznaczeniu ich średnich wartości?

12) Jaki model konstytutywny polimeru ABS-M30 uwzględnił Autor do obliczeń?

Na podkreślenie zasługuje to, że Autor w swojej pracy wykorzystał nowoczesne narzędzia obliczeniowe oraz nowoczesną aparaturę badawczą.

Wnioski sformułowane na końcu pracy są interesujące i istotne z praktycznego punktu widzenia, natomiast przedstawione są w sposób uproszczony, ponieważ wydają się być raczej obserwacyjne niż przedstawiające wartości naukowe. Na podstawie wyników badań pewne ogólne i podstawowe wnioski naukowe powinny być przedstawione. Ze swej strony proponuję także w bardziej widoczny sposób przedstawić odpowiedź na hipotezę pracy. **Bibliografia** zamieszczona w końcowej części pracy jest bardzo obszerna. Autor analizuje i cytuje najnowszą światową literaturę, natomiast bibliografia nie jest sformatowana jednakowo np. w pewnych miejscach podane są pełne imiona autorów, a w innych tylko pierwsza litera imienia.

2 Ocena rozprawy doktorskiej

Przedstawioną rozprawę ocenić można w dwóch aspektach: merytorycznym i edytorskim. Zaczynając od tego drugiego należy stwierdzić, że Autor posługuje się poprawnym językiem, słowa dobrane są w sposób przemyślany i ze zrozumieniem treści jakie ze sobą niosą. Rysunki wykonane są starannie oraz wplecione są umiejętnie w całość. To sprawia, że zapoznawanie się z zawartością rozprawy jest stosunkowo łatwe. Wczytując się natomiast w treść można dostrzec pewne drobne niedociągnięcia literowe i stylistyczne.

Przedstawiona analiza rozprawy zawiera wystarczające moim zdaniem przesłanki do sformułowania oceny. Treść rozprawy jest zgodna z tematem zaakceptowanym przez Radę Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej w Rzeszowie. Podjęty temat jest ważny zarówno z poznawczych, jak i praktycznych względów i opracowany został obszernie i wyczerpująco. Sformułowane w niniejszej recenzji uwagi nie umniejszają wartości materiału dowodowego pracy, albowiem w większości odnoszą się do sposobu prezentacji uzyskanych wyników. Nie mogą więc stanowić podstawy do kwestionowania wartości pracy. Pod względem metodycznym rozprawa jest poprawna. Literatura specjalistyczna została dobrana trafnie. Układ rozprawy i podział treści między poszczególnymi rozdziałami jest logiczny, choć moim zdaniem, można by go nieco zmodyfikować wykorzystując podane przeze mnie wcześniej sugestie, zwłaszcza dotyczące treści. Zbiór pojęć, jakimi posługuje się Autor, jest na ogół poprawny. Zdarzają się pewne stylistyczne niedociągnięcia, ale raczej wynikające z niezbyt fortunnego tłumaczenia z literatury anglojęzycznej. Strona ilustracyjna pracy jest bez większych zastrzeżeń, redakcja rozprawy zaś wykazuje pewne niedociągnięcia. W dostarczonym do recenzji egzemplarzu stwierdziłem szereg błędów korektorskich, stylistycznych, gramatycznych i drobnych nieścisłości. Zaznaczyłem to w tekście, niektóre

z nich przedstawiłem powyżej. Listę drobnych uwag zaś dotyczących stylistyki, korekty i redakcji przekazane zostaną Autorowi.

Warunkiem dysertabilności rozprawy doktorskiej jest jej związek z problemem poznawczym lub metodologicznym bezpośrednio lub pośrednio wpływającym na stan wiedzy. W przypadku recenzowanej rozprawy warunek ten jest spełniony pod względem pierwszego z wymienionych aspektów, co wykazałem w analizie rozprawy. Rozprawa jest w wystarczającym stopniu poprawna metodologicznie, gdyż zawiera elementy, które w metodologii nauk określa się jako etapy badania naukowego.

Przedstawioną do oceny rozprawę oceniam pozytywnie jako pracę wartościową, zawierającą bardzo bogaty materiał. Podsumowując stwierdzam, że rozprawa:

- spełnia wymóg oryginalnego rozwiązania przez Autora zagadnienia naukowego,
- spełnia wymóg wykazania Jego ogólnej wiedzy teoretycznej w uprawianej dyscyplinie,
- wykazuje umiejętność samodzielnego prowadzenia przez Autora pracy naukowej.

3 Wniosek końcowy

Całość oceny rozprawy doktorskiej mgr inż. Macieja Cadera pt. „Dobór geometrii wypełnienia prototypów wytwarzanych przyrostowo z polimeru ABS-M30” umożliwia sformułowanie wniosku o spełnieniu warunków określonych ustawą o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 roku i dopuszczeniu jej do publicznej obrony przed Radą Wydziału Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej w ramach dyscypliny Budowa i Eksploatacja Maszyn.



